



La localización de la instalación es el proceso de elegir un lugar geográfico para realizar las operaciones de una empresa.

LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES

Los gerentes de organizaciones de servicios o de empresas manufactureras tienen que sopesar muchos factores cuando evalúan la conveniencia de un sitio en particular. El propio término globalización describe un despliegue de instalaciones y operaciones de las empresas alrededor del mundo.

Roberto CARRO PAZ
Daniel GONZÁLEZ GÓMEZ

13



El Sistema de Producción y Operaciones

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS:

La totalidad de las fotografías incluidas en este trabajo han sido tomadas por los autores.

Ni la totalidad ni parte de este trabajo pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de los autores.

LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES



La localización de una instalación es el proceso de elegir un lugar geográfico entre varios para realizar las operaciones de una empresa. Los gerentes de organizaciones de servicios o de empresas manufactureras tienen que sopesar muchos factores cuando evalúan la conveniencia de un sitio en particular. El propio término globalización describe un despliegue de instalaciones y operaciones de las empresas alrededor del mundo.

La selección del emplazamiento en el que se van a desarrollar las operaciones de la empresa es una decisión de gran importancia. Aunque se trate generalmente de una decisión infrecuente, la significación de su impacto y las implicaciones que se derivan de ella justifican una atención y consideración adecuada por parte de la Dirección. El carácter infrecuente hace que muchos directivos no estén habituados a afrontar estas cuestiones (muchos de ellos no lo han hecho nunca o acaso una sola vez a lo largo de su carrera), y las interrelaciones con otras decisiones, ya que por ser complejas, dificultan la comprensión de la verdadera importancia que tienen.

En las decisiones sobre localización hay que elegir entre sitios múltiples en donde los criterios, por lo general, se circunscriben a cuestiones de costo, rentabilidad, tiempos de respuesta, cercanía a determinados lugares o algún otro de acuerdo a las características de la empresa o actividad llevada a cabo. Surgen problemas cuando se consideran en el análisis solamente muy pocos emplazamientos, mientras que en el otro extremo, también existen casos en que la selección resulta complicada por la gran variedad de lugares posibles entre los cuales elegir. Por lo general, podemos inferir que las decisiones sobre localización de instalaciones no escapan a dos elecciones principales:

- a. estar cerca del cliente, teniendo en cuenta los costos de movimientos y prioridades competitivas en base a tiempo; o
- b. ubicarse cerca de las fuentes de insumos aprovechando bajos costos de materiales y mano de obra.

La importancia de las decisiones sobre localización de instalaciones viene justificada por dos razones principales. En primer lugar estas decisiones entrañan una inmovilización considerable de recursos financieros a largo plazo, pues las instalaciones son generalmente costosas, sobre todo si se trata de sofisticadas plantas de fabricación. Una vez construidas, la inversión efectuada no es recuperable sin sufrir graves perjuicios económicos (algunos de los costos en que se incurre no son realizables), además del tiempo y el esfuerzo empleados. Por tanto, se trata de una decisión rígida que compromete a la empresa durante un largo período de tiempo; no obstante, en algunos casos, la compañía puede optar por instalaciones menos costosas o por alquilarlas, lo cual permite restar rigidez a esta decisión.

En segundo lugar, son decisiones que afectan a la capacidad competitiva de la empresa; así, una buena elección favorecerá el desarrollo de las operaciones de forma eficiente, mientras que una incorrecta impondrá considerables limitaciones a las mismas. Todas las áreas de la empresa pueden verse afectadas por la localización, no sólo el área de Operaciones, sino también la función Comercial, la de Personal, la Financiera, etc. Por otro lado, hay que tener presente que las consecuencias negativas de una mala localización no resultan siempre evidentes, pues suelen manifestarse en forma de costos de oportunidad, por tanto no vienen en los informes tradicionales de las empresas.



CAUSAS Y TIPOS DE DECISIONES SOBRE LOCALIZACIÓN

En general, las decisiones sobre localización podrían catalogarse de infrecuentes; de hecho la frecuencia con que se presenta este tipo de problemas depende de varios factores, entre ellos podemos citar el tipo de instalaciones (es mucho más común en las tiendas o comercios que en las fábricas) o el tipo de empresa (las de servicios suelen necesitar más instalaciones que las industriales).

Entre las diversas causas que originan problemas ligados a la localización, podríamos mencionar:

- Un mercado en expansión, que requerirá añadir nueva capacidad, la cual habrá que localizar ampliando las instalaciones ya existentes en un emplazamiento determinado o bien creando una nueva en algún otro sitio.
- La introducción de nuevos productos o servicios, que conlleva una problemática similar a la anterior.
- Una contracción de la demanda, que puede requerir el cierre de instalaciones y/o la reubicación de las operaciones. Otro tanto sucede cuando se producen cambios en la localización de la demanda.
- El agotamiento de las fuentes de abastecimiento de materias primas también puede ser causa de la relocalización de las operaciones. Este es el caso que se produce en empresas de extracción cuando, al cabo de los años, se agotan los yacimientos que se venían explotando.
- La obsolescencia de una planta de fabricación por el transcurso del tiempo o por la aparición de nuevas tecnologías, que se traduce a menudo en la creación de una nueva planta más moderna en algún otro lugar.
- La presión de la competencia que, para aumentar el nivel de servicio ofrecido, puede llevar a la creación de más instalaciones o a la relocalización de algunas existentes.
- Cambios en otros recursos como la mano de obra o los componentes subcontratados o en las condiciones políticas o económicas de una región también son otras causas posibles de relocalización.
- Las fusiones y adquisiciones entre empresas pueden hacer que algunas resulten redundantes o queden mal ubicadas con respecto a las demás. Este es el caso reciente de algunos de los grandes bancos, que han tenido que reordenar sus redes de sucursales y oficinas tras los procesos de fusiones que han vivido.



Cuando una empresa toma una decisión sobre localización de sus instalaciones, los directivos deben acumular toda la información acerca del tema. Esta decisión les obliga a relacionarse con todos aquellos profesionales que puedan ayudarles a formar una opinión lo más completa posible de los sitios sobre los cuales van a decidir. En la imagen, una reunión en el Banco de la Provincia de Buenos Aires, analizando posibilidades para la apertura de nuevas sucursales.

Los motivos mencionados son sólo algunos de los que pueden provocar la toma de decisiones sobre las instalaciones o, al menos, llevar a la empresa a reexaminar la localización de las mismas. Independiente de cuáles sean las razones que lleven a ello, las alternativas de localización pueden ser de tres tipos, las cuales deberán ser evaluadas por la empresa antes de tomar una decisión definitiva:

- **Expandir una instalación existente.** Esta opción sólo será posible si existe suficiente espacio para ello. Puede ser una alternativa atractiva cuando la localización en la que se encuentra tiene características muy adecuadas o deseables para la empresa. Generalmente origina menores costos que otras opciones, especialmente si la expansión fue prevista cuando se estableció inicialmente la instalación.
- **Añadir nuevas instalaciones en nuevos lugares.** A veces ésta puede resultar una opción más ventajosa que la anterior (por ejemplo si la expansión provoca problemas de sobredimensionamiento o de pérdida de enfoque sobre los objetivos de las operaciones). Otras veces es, simplemente, la única opción posible. En todo caso, será necesario considerar el impacto que tendrá sobre el sistema total de instalaciones de la empresa.
- **Cerrar instalaciones en algún lugar y abrir otra(s) en otro(s) sitio(s).** Esta opción puede generar grandes costos, por lo que la empresa deberá comparar los beneficios de la relocalización con los que se derivarían del hecho de permanecer en el lugar actualmente ocupado.

Como existen diferentes tipos de problemas de localización, se ha desarrollado la siguiente estructura de clasificación:

- **Localización de una sola instalación.** En este tipo de problemas de localización solamente se ubica una instalación que no tiene interacción con las demás instalaciones de la compañía. Los ejemplos incluyen una sola planta de producción o depósito, una dependencia gubernamental, un comercio minorista. En este tipo de problemas de localización casi siempre se utilizan múltiples criterios como costos de mano de obra, oferta de mano de obra, atmósfera sindical, servicios comunitarios e impuestos. El problema para la evaluación de tipo cuantitativo radica en considerar todos estos criterios de manera objetiva.
- **Localización de múltiples fábricas y depósitos.** En este segundo tipo de problemas de localización, los costos totales de distribución y quizás los costos totales de producción se verán afectados por la decisión de localización. La nueva instalación puede necesitar un cambio en el sistema de despacho y en los niveles de producción de todas las demás instalaciones. Este problema casi siempre se formula tomando en consideración una red de plantas de producción, de distribución y de depósitos que utiliza como criterio la reducción de costos.
- **Localización de comercios competitivos al por menor.** En este tipo de problemas de localización la rentabilidad que obtiene el comercio minorista se ve afectada por la ubicación relativa de los locales de la competencia. Este problema casi siempre se encuentra en la selección de puntos para los comercios de cualquier ramo o actividad como supermercados y restaurantes, entre otros, donde se supone que el nivel de ventas se verá afectado por la distancia que los clientes tienen que recorrer hasta la nueva localización. Esto depende del lugar en donde se ubica la instalación en relación con la competencia.
- **Localización de servicios de emergencia.** El criterio para la toma de decisiones en la localización de servicios de emergencia frecuentemente se relaciona con el tiempo de respuesta. Este tipo de problemas ocurre en la localización de estaciones de policía, bomberos y hospitales. En este caso cambia el criterio de rentabilidad al de una medición directa del servicio que se suministra y al menor tiempo de respuesta ante distintas emergencias o urgencias.





El criterio para elegir una localización de servicios de emergencia como estaciones de policía, bomberos y hospitales, se relaciona frecuentemente con el tiempo de respuesta ante distintas emergencias y urgencias.

FACTORES QUE AFECTAN LAS DECISIONES SOBRE LOCALIZACIÓN

La localización de una instalación es el proceso de elegir un lugar geográfico para realizar las operaciones de una empresa. Los gerentes de organizaciones de servicios y de manufactura tienen que sopesar muchos factores cuando evalúan la conveniencia de un sitio en particular como la proximidad a clientes y a proveedores, los costos de mano de obra y los costos de transporte. Generalmente, los gerentes pueden pasar por alto cualquier factor que no cumpla por lo menos con alguna de las siguientes dos cuestiones:

1. El factor tendrá que ser sensible a la localización. Es decir, los gerentes no deben tener en cuenta un factor que no afecte sus decisiones en materia de localización. Por ejemplo, si las actitudes de la comunidad son igualmente buenas en todas las localizaciones en cuestión, las actitudes de la comunidad no deberán considerarse en el análisis de localización como un factor.
2. El factor debe tener fuertes repercusiones sobre la capacidad de la empresa para alcanzar sus metas. Por ejemplo, aun cuando las diferentes localizaciones se encuentren a distintas distancias de los proveedores, si los embarques y las comunicaciones pueden encomendarse a servicios de mensajería para entregar al día siguiente y si los mensajes se transmitirán por e-mail, intranet o cualquier otro medio, entonces la distancia a los proveedores no deberá considerarse como un factor.

Normalmente se divide a los factores de localización en dominantes -o críticos- y secundarios. Los factores dominantes son los derivados de prioridades competitivas (costo, calidad, tiempo y flexibilidad) y tienen un efecto particularmente poderoso sobre las ventas o los costos. Por ejemplo, una planta intensiva en mano de obra puede requerir costos salariales bajos para seguir siendo competitiva. Los factores secundarios también son importantes, pero la gerencia tiene la posibilidad de restar importancia o incluso ignorar algunos de ellos si otros factores son más importantes.

Hay que tener en cuenta que también se pueden considerar otras cuestiones importantes que no siempre son valoradas, pudiendo a veces, convertirse por sí mismas en el factor dominante o crítico de la decisión sobre localización. En este sentido tenemos:

1. **Zonas francas**, o zonas de libre comercio. Son áreas cerradas a las que las empresas pueden llevar mercadería sin estar sujetas a las exigencias aduaneras del resto del país. Esta particularidad crea ventajas para los productores ubicados en las mismas.
2. **Escenarios políticos.** Los cambios son vertiginosos y hay países que están mostrando oportunidades y amenazas que las organizaciones deben tener en cuenta al momento de decidir su localización.
3. **Barreras gubernamentales.** Tienen en cuenta tanto la legislación internacional como las nacionales.
4. **Bloques comerciales.** Organización internacional que agrupa a un conjunto de países con el propósito de obtener beneficios mutuos en el comercio internacional y, en general, en materia económica y política; por ejemplo la Unión Europea (UE), Mercosur, NAFTA, etc., representados en la figura 13.1. La mayoría de los bloques comerciales en la actualidad están definidos por una tendencia regionalista, mientras que las relaciones comerciales de carácter no regional tienden a ser bilaterales, o a darse entre bloques comerciales en formación.
5. **Normas ambientales.** Las crecientes exigencias por un mejor medio ambiente y calidad de vida pueden eliminar elecciones de sitios que, por otros factores, resultan convenientes.



Figura 13.1

Bloques internacionales de comercio más activos en el mundo.

TENDENCIAS Y ESTRATEGIAS FUTURAS EN LOCALIZACIÓN

Es obvio que la mayoría de los factores de localización no permanecen inalterables en el tiempo sino, más bien, todo lo contrario. El acelerado ritmo con el que se producen cambios en el entorno, una de las notas dominantes de la actualidad, está provocando que las decisiones de localización sean hoy mucho más comunes. A continuación apuntaremos algunos de los cambios que están marcando estas decisiones en la actualidad.



Uno de los fenómenos más importantes que estamos viviendo es la **creciente internacionalización de la economía**. Las empresas están traspasando fronteras para competir a nivel global. Las localizaciones en otros países distintos del de origen están a la orden del día para las grandes empresas. Aparecen nuevos mercados y se unifican otros. Todo ello intensifica la presión de la competencia, hace que los factores logísticos sean más complejos e importantes y que las empresas se vean obligadas a reexaminar la localización de sus instalaciones para no perder competitividad.

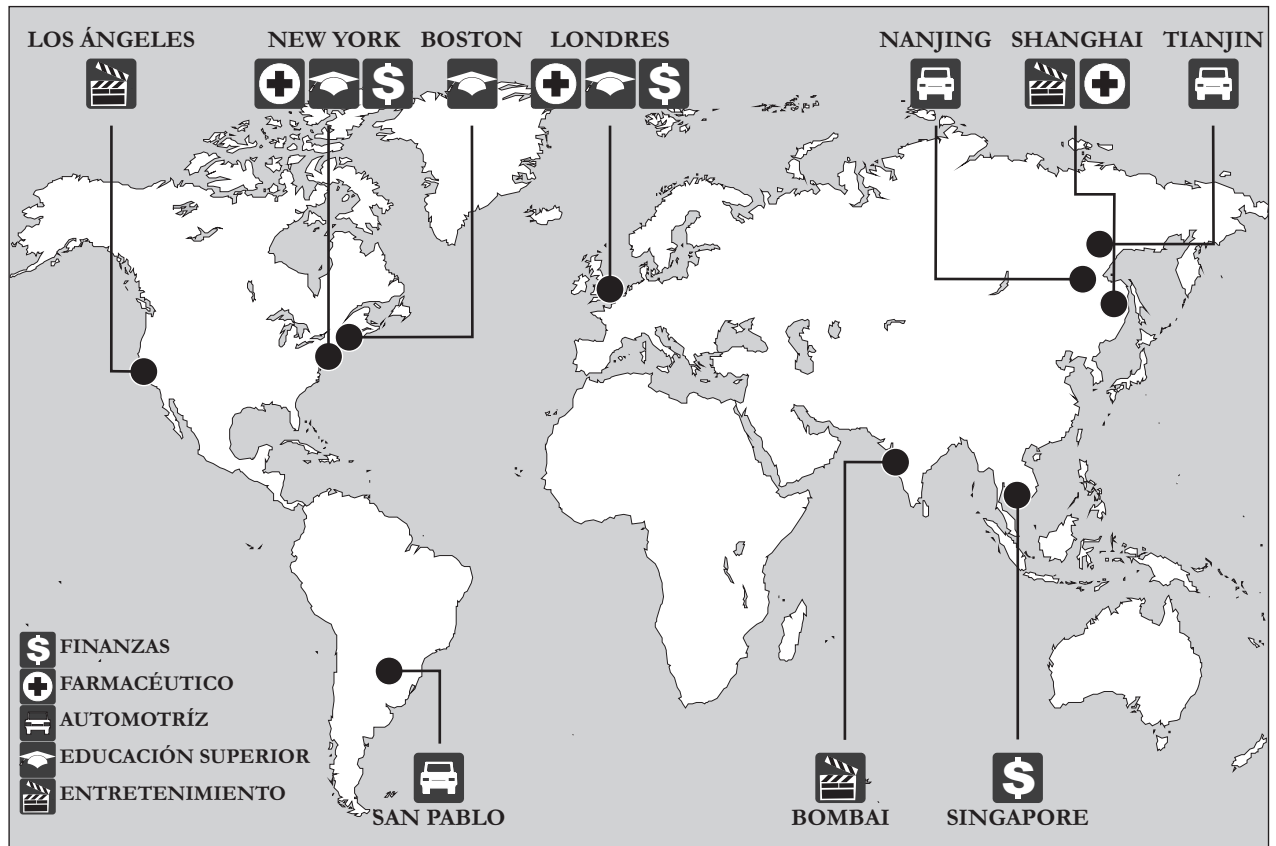
Al mismo tiempo, la **automatización de los procesos** en algunas industrias está contribuyendo a la pérdida de importancia del factor costo de la mano de obra y, por tanto, a hacer menos atractivos aquellos países o regiones con bajo nivel salarial; en cambio, la calificación, la flexibilidad y la movilidad de la mano de obra están cobrando mayor significación. No obstante, el costo del factor trabajo sigue siendo un factor fundamental en algunas industrias y también en algunas fases de los procesos de fabricación de otras que, debido a ello, están trasladándose a países como México, Taiwán, Singapur, India y China.

Otro aspecto destacado de estos nuevos tiempos es la **mejora de los transportes y el desarrollo de las tecnologías informáticas y de las telecomunicaciones**, lo cual está ayudando a la internacionalización de las operaciones y está posibilitando una mayor diversidad geográfica en las decisiones de localización. Esto, unido al mayor énfasis de la competencia en el servicio al cliente, el contacto directo, el rápido desarrollo de nuevos productos y la entrega rápida, se está traduciendo en una tendencia a la localización cercana a los mercados. En lo que a la fabricación se refiere, gracias a las tecnologías flexibles, las empresas pueden optar por instalar plantas más pequeñas y numerosas.

Por último, la **adopción de sistemas JIT** en algunas industrias está obligando a las empresas proveedoras y clientes a localizarse en una zona próxima unos de otros para poder reducir los tiempos de transporte y realizar entregas frecuentes.



PSA Peugeot Citroën produce, comercializa y exporta vehículos y piezas con una calidad competitiva a nivel mundial. El perfil internacional del grupo se sostiene con la presencia estratégica de sus fábricas terminales (6 en Francia, 2 en España y una en Argentina, Brasil, Rusia, Portugal, Eslovaquia, República Checa, Eslovenia y China), fábricas de mecánica y fundición (13 en Francia y una en Argentina, Brasil y China) y establecimientos de montaje (en Turquía e Irán). En la fotografía, planta PSA Peugeot-Citroën en Berazategui, Argentina.

**Figura 13.2**

Mapa de los principales clusters industriales en 2040.

Fuente: Red PnC de Price Waterhouse Coopers International Limited (PxCIL)

LOCALIZACIÓN DE UNA SOLA INSTALACIÓN

Luego de examinar las tendencias y los factores importantes de la localización, veamos ahora más específicamente, cómo hace una empresa para tomar decisiones sobre localización. La Dirección deberá decidir primero entre las opciones de una expansión in situ, la construcción de otra instalación o la reubicación de la misma en otro lugar.

Las ventajas de construir una nueva planta o mudarse a un nuevo espacio radican en que la empresa no tiene que depender de la producción de una sola planta, puede contratar nueva mano de obra (posiblemente más productiva), cuenta con la oportunidad de modernizarse con nueva tecnología y puede encontrar posibilidades de reducir los costos de transporte. La mayoría de las empresas que optan por reubicarse son pequeñas, que cuentan con una sola localización, que requieren más espacio y necesitan rediseñar sus procesos y sus distribuciones de producción.

Un proceso sistémico de localización comienza cuando se tiene la impresión -o existen evidencias- de que las ganancias se incrementarán si se abre una nueva localización para ventas al público, un almacén, una oficina o una nueva planta. En una gran empresa, la decisión de localización puede estar a cargo de un equipo de personas; en cambio en una empresa pequeña, es posible que un solo individuo tome tal decisión. El proceso de seleccionar la localización para una nueva instalación implica seguir una serie de pasos.



1. Identificar los factores importantes sobre la localización y asignarles la categoría de dominantes -críticos- o secundarios.
2. Considerar posibles regiones, reduciendo luego las opciones a algunas comunidades alternativas y, por último, a sitios específicos.
3. Recopilar datos acerca de las alternativas solicitándolos a asesores externos, agencias de desarrollo estatales, departamentos de planificación de municipios, cámaras empresariales, visitas a cada lugar, etc.
4. Analizar los datos recopilados comenzando con los **factores cuantitativos**, es decir, aquello que resulta posible medir en valor monetario como los costos anuales de transporte o los impuestos. Esos valores monetarios pueden dividirse en diferentes categorías de costos como por ejemplo, por transporte de llegada y salida, ventas, emisiones de acciones o bonos e ingresos por concepto de intereses. Estos factores financieros pueden convertirse después en una sola medida de mérito financiero y usarla para comparar dos o más sitios.
5. Incorporar a la evaluación los **factores cualitativos** correspondientes a cada sitio. Un factor cualitativo es aquel que no puede evaluarse en términos monetarios; por ejemplo, las actitudes de la comunidad o la calidad de vida. Para fusionar los factores cuantitativos y cualitativos, algunos gerentes revisan el rendimiento esperado de cada uno de ellos, en tanto que otros asignan a cada factor una ponderación de importancia relativa y calculan un puntaje ponderado para cada sitio, utilizando una matriz de preferencias. El sitio que obtiene al final el puntaje ponderado más alto es el mejor.
6. Después de haber examinado minuciosamente entre 5 y 15 sitios, los autores del estudio preparan un informe final con sus recomendaciones, junto con un resumen del análisis de los datos y una presentación audiovisual de los hallazgos clave, que es elevada a la Dirección para la toma de la decisión final.

Método de ponderación de factores. Variación de Brown y Gibson

Este método consiste en definir los principales factores determinantes en una localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se les atribuye. El peso relativo sobre la base de una suma igual a uno, depende fuertemente del criterio y experiencia del evaluador. En la figura 13.3 se enumeran una serie de factores que pueden ser tomados de ejemplo para el análisis.

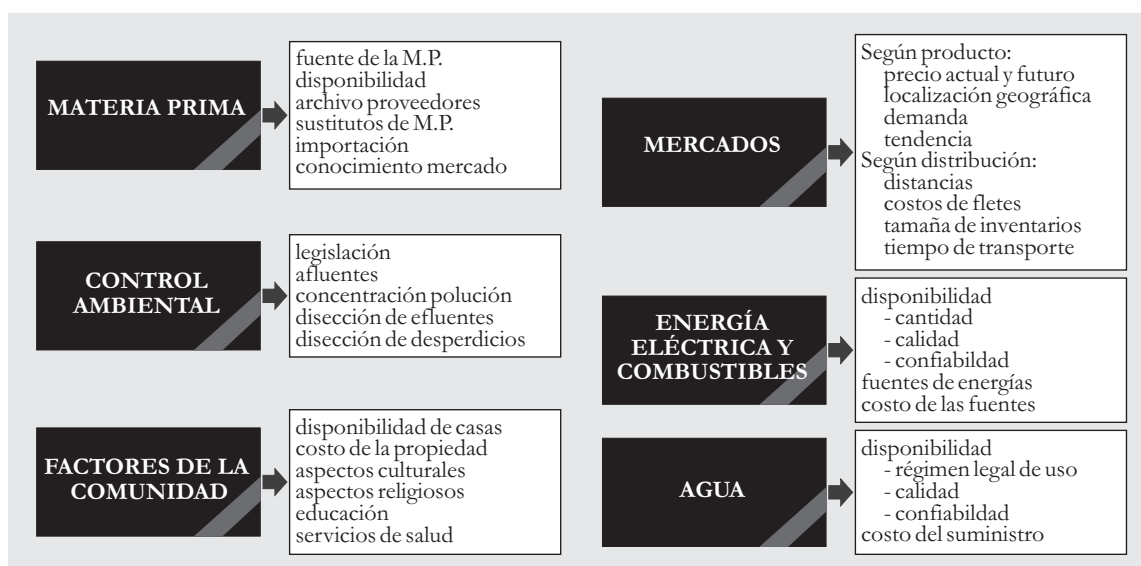


Figura 13.3

Ejemplos de factores que, según el caso y las particularidades de la empresa, pueden ser tratados como dominantes o secundarios para una decisión de localización de instalaciones.

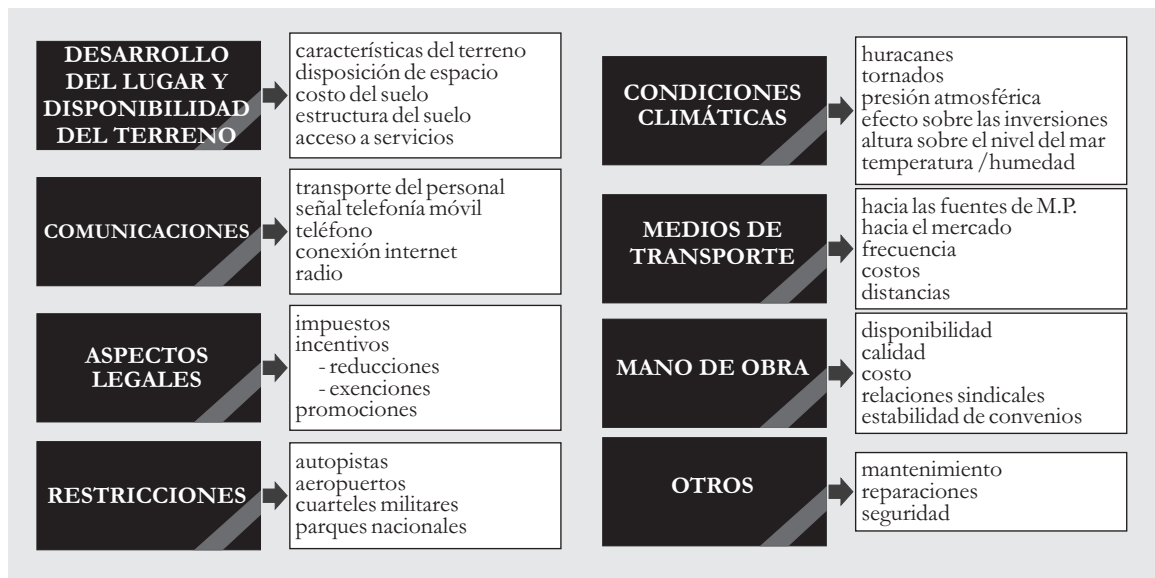


Figura 13.3
(continuación)

Al comparar dos o más localizaciones opcionales, se procede a asignar una calificación a cada factor en una localización de acuerdo a una escala predeterminada como por ejemplo de cero a diez. La suma de las calificaciones ponderadas permitirá seleccionar la localización que acumule el mayor puntaje.

Una variación del método de factores ponderados es propuesta por Brown y Gibson, donde combinan factores posibles de cuantificar con factores subjetivos a los que asignan valores ponderados de peso relativo. El método consta de cuatro etapas:

- 1) Asignar un valor relativo a cada Factor Objetivo (FO_i) para cada localización optativa viable.
- 2) Estimar un valor relativo de cada Factor Subjetivo (FS_j) para cada localización optativa viable.
- 3) Combinar los Factores Objetivos y Subjetivos, asignándoles una ponderación relativa para obtener una medida de preferencia de localización (MPL).
- 4) Seleccionar la ubicación que tenga la máxima medida de preferencia de localización.

La aplicación del modelo, en cada una de sus etapas, nos lleva a desarrollar el siguiente ejemplo donde se observará la secuencia de cálculo.

Ejemplo aplicación del método de ponderación de factores:

- a) **Cálculo de la Medida de Localización del Factor Objetivo (FO)** Normalmente los Factores Objetivos son posibles de cuantificar en términos de costos, lo que permite calcular el costo total anual de cada Localización C_i . Luego, el FO_i se determina al multiplicar C_i por la suma de los recíprocos de los costos de cada lugar y tomar el recíproco de su resultado. Es decir:

$$\text{Medida de Localización del Factor Objetivo} = FO_i = \left[COF_i \sum \left(\frac{1}{COF_{in}} \right) \right]^{-1}$$



Supóngase que en un proyecto se han identificado tres localizaciones que cumplen con todos los requisitos exigidos. En todas ellas, los costos de materia prima, transporte, mano de obra, energía e impuestos son diferentes. En el siguiente cuadro se muestran los costos anuales supuestos y el cálculo del FO_i .

| | <i>Materia Prima</i> | <i>Transporte</i> | <i>Mano de Obra</i> | <i>Energía</i> | <i>Impuestos</i> | <i>Costo Total</i> |
|---|--------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|------------------|------------------------|
| A | 100 | 50 | 100 | 80 | 100 | 430 |
| B | 90 | 80 | 80 | 90 | 80 | 420 |
| C | 80 | 100 | 70 | 100 | 60 | 410 |

La Medida de Localización del Factor Objetivo para cada localización se obtiene mediante la sustitución de los valores determinados en la anterior ecuación (FO_i).

De esta forma, las medidas obtenidas de calificación para cada localización son las que se muestran a continuación. Al ser siempre la suma de los FO_i igual a 1, el valor que asume cada uno de ellos es siempre un término relativo entre las distintas alternativas de localización.

$$\begin{aligned}
 \text{Medida de Localización} &= FO_i = \left[COF_i \sum \left(\frac{1}{COF_{in}} \right) \right]^{-1} \\
 &= FO_A = \left[430 \left(\frac{1}{430} + \frac{1}{420} + \frac{1}{410} \right) \right]^{-1} = 0,325458325 \\
 &= FO_B = \left[420 \left(\frac{1}{430} + \frac{1}{420} + \frac{1}{410} \right) \right]^{-1} = 0,333207334 \\
 &= FO_C = \left[410 \left(\frac{1}{430} + \frac{1}{420} + \frac{1}{410} \right) \right]^{-1} = 0,341334341 \\
 &\quad \underline{\underline{\sum \approx 1}}
 \end{aligned}$$

b) **Cálculo de la Medida de Localización del Factor Subjetivo (FS_i).** El carácter subjetivo de los factores de orden cualitativo hace necesario asignar una medida de comparación como el valor de los distintos factores en orden relativo, mediante tres etapas:

- Determinar una calificación W_j para cada localización (j =localización A, localización B, ..., localización n) en base a las calificaciones del factor en la localidad respecto del total de ese mismo factor para todas las localizaciones.
- Dar una calificación R_{ij} para cada factor en base a las calificaciones del factor en la localidad respecto del total de los factores para esa misma localidad.
- Para cada localización, combinar la calificación del factor W_j con su ordenación jerárquica R_{ij} , para determinar la Medida del Factor Subjetivo (FS_i), de acuerdo a la siguiente forma:

$$\text{Medida de Localización} = FS_i = \sum \left(R_{ij} \cdot W_j \right)$$

Supóngase que los Factores Subjetivos relevantes son el clima, las instituciones recreativas, servicios complementarios, costo de vida y disponibilidad de mano de obra y el resultado de las asignaciones las mostradas en el siguiente cuadro, donde se asigna en las columnas un valor 1 al más relevante y cero al menos importante.

| | <i>A</i> | <i>B</i> | <i>C</i> | <i>Suma</i> |
|------------------------------------|----------|----------|----------|-------------|
| K1: Clima | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 2,0 |
| K2: Instituciones recreativas | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 1,9 |
| K3: Servicios complementarios | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 1,0 |
| K4: Costo de vida | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1,0 |
| K5: Disponibilidad de Mano de Obra | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1,6 |
| Suma | 2,4 | 2,5 | 2,6 | |

El análisis permite la elaboración del índice de importancia relativa W_j que se utiliza para determinar el ordenamiento jerárquico R_{ij} de cada factor subjetivo, en la forma que se indica en el siguiente cuadro.

| | <i>A</i> | <i>B</i> | <i>C</i> | <i>Suma</i> | W_A | W_B | W_C |
|------------------------------------|----------|----------|----------|-------------|-------|-------|-------|
| K1: Clima | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 2,0 | 0,350 | 0,350 | 0,300 |
| K2: Instituciones recreativas | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 1,9 | 0,421 | 0,316 | 0,263 |
| K3: Servicios complementarios | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 1,0 | 0,300 | 0,400 | 0,300 |
| K4: Costo de vida | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 0,200 | 0,300 | 0,500 |
| K5: Disponibilidad de Mano de Obra | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1,6 | 0,250 | 0,313 | 0,438 |
| Suma | 2,4 | 2,5 | 2,6 | | | | |
| R_{K1} | 0,292 | 0,280 | 0,231 | | | | |
| R_{K2} | 0,333 | 0,240 | 0,192 | | | | |
| R_{K3} | 0,125 | 0,160 | 0,115 | | | | |
| R_{K4} | 0,083 | 0,120 | 0,192 | | | | |
| R_{K5} | 0,167 | 0,200 | 0,269 | | | | |

Reemplazando en la ecuación para FS_i se obtiene el valor de la medida del factor subjetivo para cada una de las localizaciones consideradas. Como puede observarse, la suma de los resultados para todas las localizaciones resulta igual a 1.

$$\text{Medida de Localización del Factor Subjetivo} = FS_i = \sum (R_{ij} \cdot W_j)$$

$$FS_A = 0,350 \cdot 0,292 + 0,421 \cdot 0,333 + 0,300 \cdot 0,125 + 0,200 \cdot 0,083 + 0,250 \cdot 0,167 = 0,338243$$

$$FS_B = 0,350 \cdot 0,280 + 0,316 \cdot 0,240 + 0,400 \cdot 0,160 + 0,300 \cdot 0,120 + 0,313 \cdot 0,200 = 0,33644$$

$$FS_C = 0,300 \cdot 0,231 + 0,263 \cdot 0,192 + 0,300 \cdot 0,115 + 0,500 \cdot 0,192 + 0,438 \cdot 0,269 = 0,368118$$

$$\sum \approx 1$$

- c) **Cálculo de la Medida de Preferencia de Localización (MPL)** Una vez valorados en términos relativos los valores objetivos y los valores subjetivos de localización, se procede a calcular la medida de preferencia de localización mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Medida de Preferencia de Localización} = MPL_i = \epsilon (FO_i) + (1-\epsilon) (FS_i)$$

La importancia relativa diferente que existe entre los factores objetivos y los subjetivos de localización hace necesario asignarle una ponderación k a uno de los factores y $(1-k)$ al otro, de tal manera que se exprese también entre ellos la importancia relativa.

Si para nuestro ejemplo se considera que los factores objetivos cuentan con un peso relativo del 70%, mientras que los factores subjetivos se les asigna un peso relativo del 30%, se reemplazan los valores en la última fórmula y determinan las medidas de preferencias de localización para cada una de las localizaciones estudiadas.

$$\text{Medida de Preferencia de Localización} = \text{MPL}_i = k(\text{FO}_i) + (1-k)(\text{FS}_i)$$

$$\text{MPL}_A = (0,33548325 \times 0,70) + (0,338243 \times 0,30) = 0,336311$$

$$\text{MPL}_B = (0,33320733 \times 0,70) + (0,336440 \times 0,30) = 0,334177$$

$$\text{MPL}_C = (0,34133434 \times 0,70) + (0,368118 \times 0,30) = 0,349369$$

- d) **Selección del lugar.** De acuerdo con el Método Brown y Gibson, la alternativa elegida es la localización C puesto que recibe el mayor valor de medida de preferencia de localización. También esta alternativa habría sido la más atrayente si se hubiesen comparado exclusivamente los valores objetivos o si se compararan exclusivamente los factores subjetivos. De cualquier manera, es fácil apreciar, por último, que un cambio en la ponderación entre factores objetivos y subjetivos podría llevar a un cambio en la decisión.

Método de carga-distancia

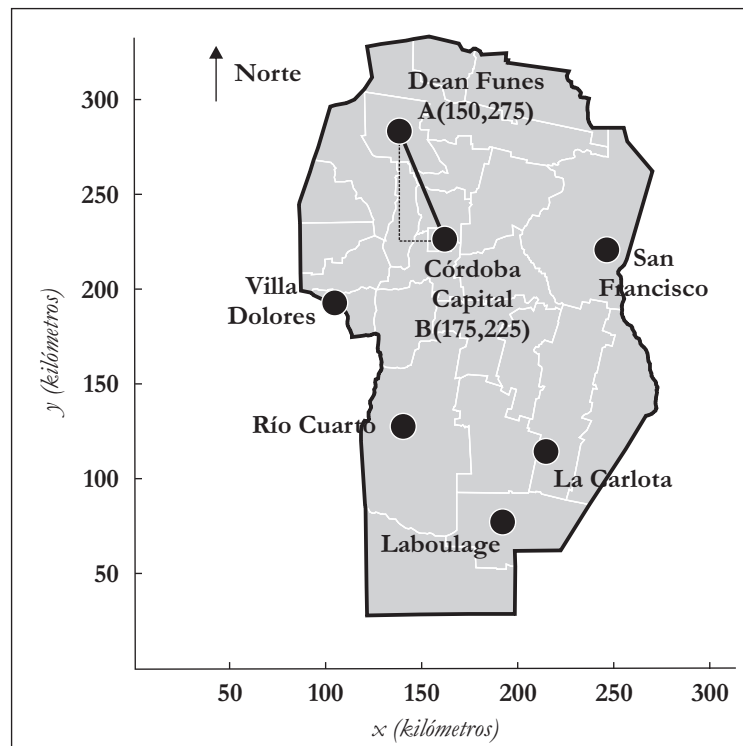
En el proceso de selección sistémica, el analista tiene que identificar localizaciones potenciales atractivas y compararlas entre sí, en términos de factores cuantitativos. El método de carga-distancia facilita este paso. Varios factores de localización se relacionan directamente con la distancia: la proximidad a los mercados, la distancia promedio a los clientes considerados como objetivo, la proximidad a los proveedores y los recursos, y la proximidad a otras instalaciones de la empresa. El método de carga-distancia es un modelo matemático que se utiliza para evaluar localizaciones en términos de factores de proximidad. El objetivo es seleccionar una localización que minimice el total de las cargas ponderadas que entran y salen de la instalación. La distancia entre dos puntos se expresa asignando éstos a sendas coordenadas sobre la cuadrícula de un mapa. En un enfoque alternativo se usa el tiempo, en lugar de la distancia.

Supongamos que es necesario elegir la localización de un almacén de distribución para dar servicio a distintos clientes localizados en la provincia de Córdoba y que recibirá embarques de llegada procedentes de diversos proveedores. Si el nuevo almacén estuviera localizado en una ciudad determinada, ¿cuál sería la distancia entre este almacén y un punto de venta determinado?

Si los embarques van a llegar en camión, la distancia dependerá del sistema de caminos y de la ruta específica elegida. En la actualidad se dispone de una importante variedad de software, programas de computadora e inclusive páginas de Internet para calcular el kilometraje real entre dos localizaciones dentro del mismo país. Sin embargo, para hacer un cálculo aproximado, que es todo lo que se requiere para el método de carga-distancia, se puede usar una medición de la distancia euclidiana y de la distancia rectilínea.

La **distancia euclidiana** es la distancia en línea recta o la trayectoria más corta posible entre dos puntos. Para calcular esta distancia, trazamos una gráfica, colocamos el punto A sobre la cuadrícula para representar la localización del proveedor y el punto B para representar la posible localización del almacén.

En la figura 13.4 se observa que la distancia entre los puntos A y B es la longitud de la hipotenusa de un triángulo rectángulo, es decir:

**Figura 13.4**

Distancia euclidiana entre la localización A (Córdoba Capital) y la localización B (Dean Funes), ambos sitios en la provincia de Córdoba.

$$d_{AB} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$$

donde: d_{AB} = distancia entre los puntos A y B
 x_A = coordenada x del punto A
 y_A = coordenada y del punto A
 x_B = coordenada x del punto B
 y_B = coordenada y del punto B

La **distancia rectilínea** mide la distancia entre dos puntos con una serie de giros de 90° , como las manzanas de casas de una ciudad. En esencia, esta distancia es la suma de las dos líneas dibujadas con trazos interrumpidos que forman la base y uno de los lados del triángulo de la figura 13.4. La distancia recorrida en la dirección x es el valor absoluto de la diferencia en las coordenadas x . Sumando este resultado al valor absoluto de la diferencia en las coordenadas y , tenemos:

$$d_{AB} = |x_A - x_B| + |y_A - y_B|$$

Según la industria de que se trate, la carga puede consistir en embarques enviados por proveedores, transportados entre plantas o enviados a clientes, pero también puede consistir en clientes o empleados que viajan hacia o desde la instalación. La empresa tratará de minimizar su puntaje carga-distancia, *ld* (del inglés *load-distance*) y para ello generalmente elige una localización en la cual sea posible que las cargas grandes recorran distancias cortas.



Para calcular el puntaje carga-distancia, ld , correspondiente a una localización potencial dada, usamos cualquiera de las mediciones de distancia y simplemente multiplicamos las cargas que fluyen de y hacia la instalación por las respectivas distancias recorridas. Estas cargas pueden expresarse ya sea en toneladas o número de viajes por semana.

Tendríamos que evaluar otras posibles localizaciones antes de tomar una decisión. La figura 13.5 muestra los puntajes ld para varias otras localizaciones alternativas (representadas por puntos). Luego de hacer los cálculos según las fórmulas anteriores, podría concluir que la mejor localización está en $(250,100)$, por lo menos en términos de puntajes ld .

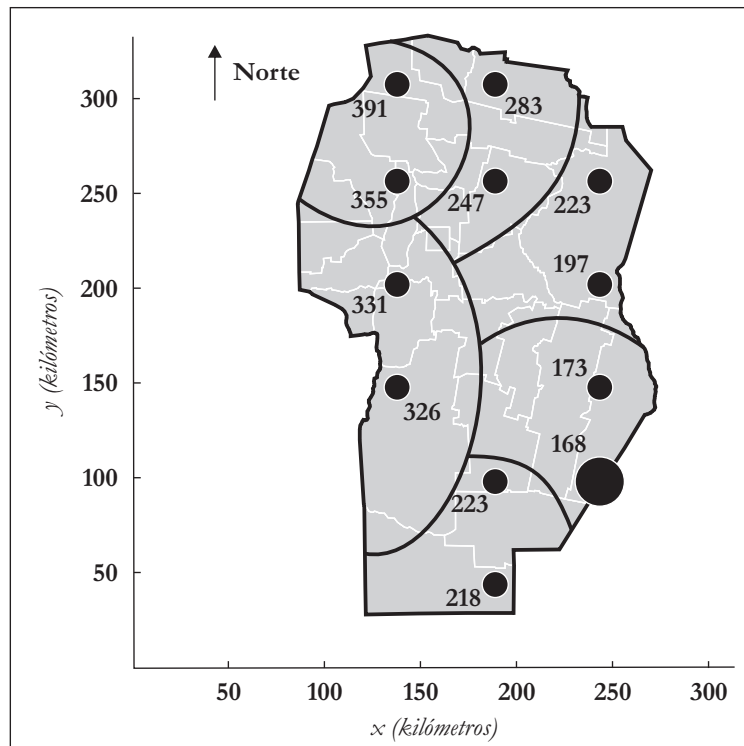


Figura 13.5

Puntajes ld para localizaciones alternativas.

Si no se dispone de un sitio aceptable para la instalación en el área seleccionada, la figura muestra las consecuencias de elegir cualquier otro lugar. Por ejemplo, una desviación de cincuenta kilómetros al norte a $(250,150)$ sólo aumentaría el puntaje mínimamente, lo cual implica una penalización menor que si la misma desviación hubiera tenido lugar en dirección oeste, noroeste o suroeste.

Podríamos dar por resuelto este caso porque hemos llegado a la localización óptima; sin embargo, por consideraciones prácticas, los gerentes rara vez tienen oportunidad de seleccionar esa localización de manera tan precisa. Así por ejemplo, es posible que no haya predios disponibles y a precios razonables en el lugar seleccionado o bien que dicho sitio resulte indeseable por otros factores de localización. Pero también podría suceder que la medición a partir de la distancia euclidiana o de la rectilínea no reflejara la realidad; por lo que es especialmente útil un análisis posterior de puntaje carga-distancia como el que muestra la figura 13.5. Cualquier decisión de localización se puede realizar a partir de estas mediciones y procedimientos.

Método del centro de gravedad

En el método del centro de gravedad se determina la mejor ubicación de una instalación en base a la ubicación geográfica de los puntos meta (destino), el volumen enviado y el costo de transporte. Este método es usado ampliamente para la localización de centros de distribución donde la principal preocupación es minimizar los costos de envío asociados con la propia actividad de la empresa.

Este método supone que los costos de transporte de entrada y salida son iguales y no incluye los costos especiales de despacho para las cargas que no sean completas. De cualquier manera, y pese a estas limitaciones, un punto importante el cual siempre debe tenerse presente para una correcta toma de decisiones sobre localización, es el permitirse cruzar los distintos resultados alcanzados por los diversos métodos existentes y no solamente en base a un único resultado proveniente de un solo método.

De la combinación de métodos de decisión, encontramos que para la aplicación del método de centro de gravedad, debemos partir del modelo de carga-distancia. Someter a prueba diferentes localizaciones con este último modelo es relativamente sencillo si se aplica un proceso sistémico de búsqueda. Un buen punto de partida es precisamente el centro de gravedad del área relacionada como objetivo y se realizan los siguientes pasos sucesivos:

- 1) Se colocan las ubicaciones existentes en un sistema de cuadrícula con coordenadas (la selección de estas es totalmente arbitraria). El objetivo es establecer distancias relativas entre las ubicaciones. En las decisiones internacionales puede ser útil el uso de coordenadas de longitud y latitud.
- 2) El centro de gravedad se encuentra calculando las coordenadas x e y que dan por resultado el costo mínimo de transporte. La coordenada x del centro de gravedad, designada como x^* , se determina utilizando las coordenadas $x(x_i)$ y dividiendo el resultado entre la suma de las cargas ($\sum l_i$). La coordenada y , designada como y^* , se encuentra en la misma manera, pero utilizando las coordenadas y en el numerador. Las fórmulas correspondientes son:

$$x^* = \frac{\sum_i l_i \cdot x_i}{\sum_i l_i} \quad \text{y} \quad y^* = \frac{\sum_i l_i \cdot y_i}{\sum_i l_i}$$

Generalmente, esta localización no es la óptima para las mediciones de distancia rectilínea o euclidiana, pero no deja de ser un excelente punto de partida. Normalmente, lo que se hace es calcular los puntajes carga-distancia para las distintas localizaciones de la zona elegida, hasta que el analista se sienta suficientemente satisfecho de que su solución se aproxima considerablemente a la óptima.

Ejemplo aplicación del método de ponderación de factores:

Una refinería de petróleo necesita ubicar una instalación intermedia entre su refinería principal ubicada en la ciudad de Venado Tuerto y sus principales distribuidores ubicados en las provincias de Santa Fe y Córdoba.

En la figura 13.6 aparece el mapa de coordenadas. La cantidad de gasolina despachada hasta y desde la planta. Por otro lado, los volúmenes de despacho de la refinería y los requerimientos de cada distribuidor se muestran en la figura 13.7.



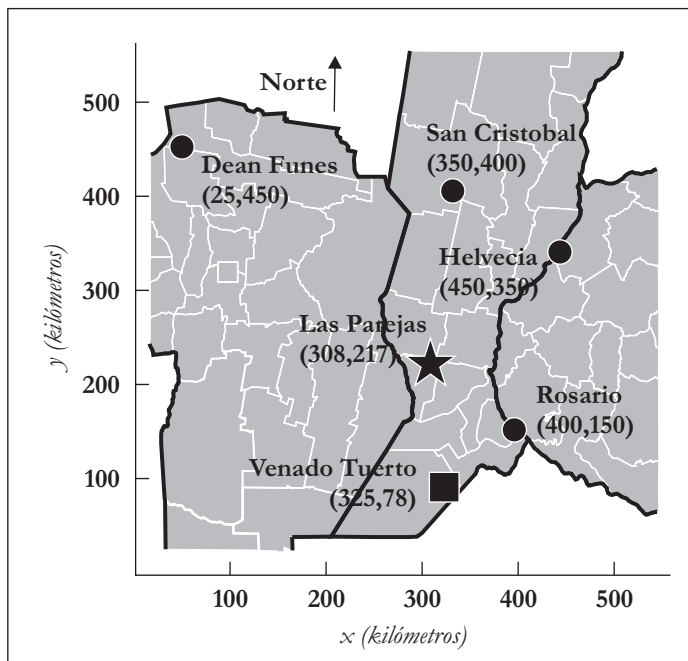


Figura 13.6

Mapa de cuadrícula para ejemplo de centro de gravedad.

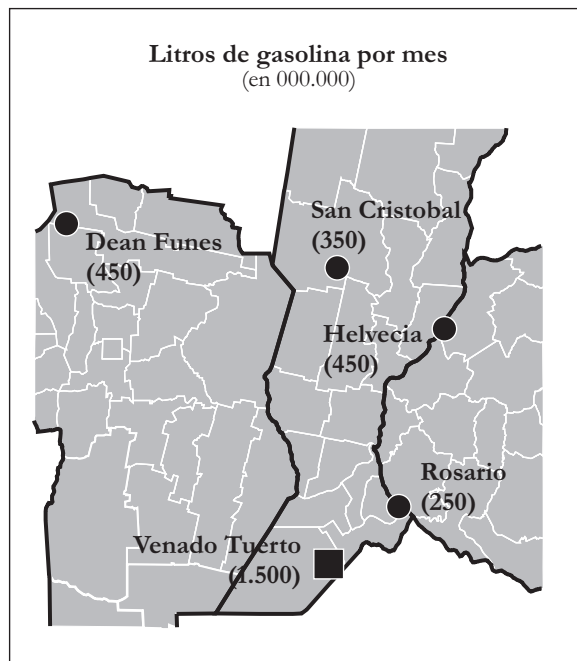


Figura 13.7

Volúmenes de despacho y requerimientos en el ejemplo.

En este ejemplo, para la ubicación de Venado Tuerto (primera ubicación) $x_i = 325$; $y_i = 75$ y $l_i = 1.500$; por lo tanto, utilizando la información de las figuras 14.6 y 14.7, es posible calcular las coordenadas del centro de gravedad:

$$x^* = \frac{\sum_i l_i \cdot x_i}{\sum_i l_i} = \frac{(325 \times 1.500) + (400 \times 250) + (450 \times 450) + (350 \times 350) + (25 \times 450)}{1.500 + 250 + 450 + 350 + 450} = \frac{923.750}{3.000} = 307,9$$

$$y^* = \frac{\sum_i l_i \cdot y_i}{\sum_i l_i} = \frac{(75 \times 1.500) + (150 \times 250) + (350 \times 450) + (400 \times 350) + (450 \times 450)}{1.500 + 250 + 450 + 350 + 450} = \frac{650.000}{3.000} = 216,7$$

Esto le da al analista unas coordenadas x e y de aproximadamente 308 y 217 respectivamente, y proporciona un punto de arranque para buscar un nuevo sitio (probablemente en inmediaciones de la ciudad de Las Parejas, Santa Fe).

Al examinar la ubicación del centro calculado de gravedad en el mapa de la cuadrícula, se puede ver que podría ser más eficiente en materia de costos despachar directamente entre la planta de Venado Tuerto al distribuidor de Rosario, que despachar por gasoducto desde una bodega cercana al centro de gravedad. Antes de tomar una decisión en materia de ubicación, la Dirección probablemente vuelva a calcular el centro de gravedad cambiando los datos para reflejar esto; es decir, disminuir los litros despachados desde Venado Tuerto en la cantidad que necesita Rosario y retirar a ésta de la fórmula.

Método del análisis del punto de equilibrio

El análisis del punto de equilibrio ayuda a un gerente a comparar diversas alternativas de localización sobre la base de factores cuantitativos que pueden ser expresados en términos de costo total. Este análisis es particularmente útil cuando el gerente desea definir los rangos dentro de los cuales cada alternativa resulta ser la mejor. Los pasos básicos para encontrar la solución tanto gráfica como algebraicamente son los siguientes:

- Determine los costos variables y los costos fijos para cada sitio. Recuerde que los costos variables son la parte del costo total que varía en forma directamente proporcional al volumen de la producción y que los costos fijos son la parte del costo total que permanece constante, sin importar cuáles sean los niveles de producción.
- Trace en una sola gráfica las líneas de costo total (la suma de los costos variables y los costos fijos), para todos los sitios considerados.
- Identifique el rango aproximado en el cual cada localización provee el costo más bajo.
- Resuelva algebraicamente para hallar los puntos de equilibrio sobre los rangos pertinentes.

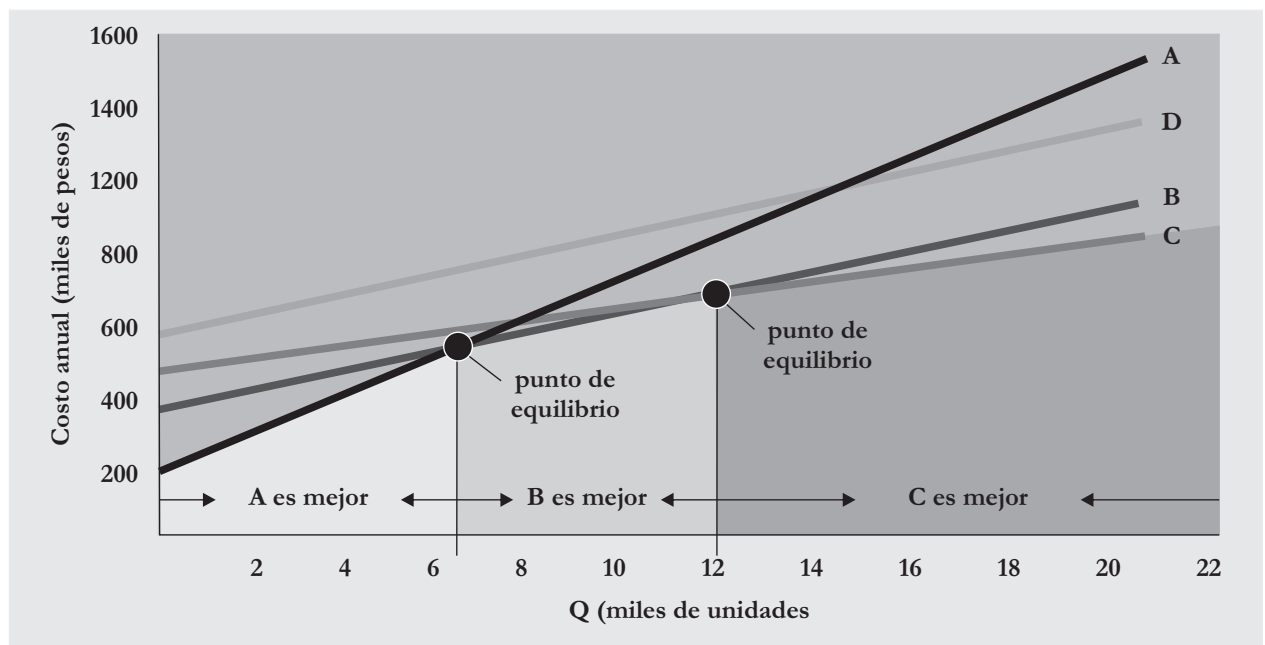


Figura 13.8

Aplicación del método del Punto de Equilibrio

LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA DENTRO DE UNA RED DE INSTALACIONES

Cuando una empresa que ya cuenta con una red de instalaciones y planea añadir una nueva planta, se encuentra frente a una de estas dos situaciones: a) que las instalaciones funcionan independientemente unas de otras (por ejemplo una cadena de restaurantes, clínicas de salud o bancos), o b) las instalaciones interactúan entre sí (por ejemplo, plantas manufactureras de componentes, plantas de ensamblado y almacenes).

Las unidades que operan en forma independiente pueden localizarse considerando a cada una de ellas como una instalación por separado, como se describió en la sección precedente. La búsqueda de la localización para instalaciones que interactúan entre sí presenta nuevas cuestiones, como la forma en que deberá asignarse el trabajo entre dichas instalaciones y cómo determinar la mejor capacidad para cada una de ellas. A su vez, cambiar las asignaciones de trabajo afecta la magnitud (o la utilización de la capacidad) de la totalidad de las instalaciones.



De esta forma, el problema de la localización de instalaciones múltiples tiene tres dimensiones: localización, asignación y capacidad, las cuales deben ser resueltas simultáneamente. En muchos casos, el analista puede identificar una solución práctica con sólo buscar patrones en los datos de costo, demanda y capacidad mediante cálculos por tanteos (ensayo y error). En otros casos se requieren métodos más formales como el que se describe a continuación.

Método de Transporte

El método de transporte es un enfoque cuantitativo que ayuda a resolver problemas de localización de instalaciones múltiples. En este caso se lo utiliza para determinar la pauta de asignación que minimice el costo de embarcar productos desde dos o más plantas -**fuentes de suministro**-, hasta dos o más almacenes -**destinos**-. Enfocaremos nuestra atención en el planeamiento y la interrelación del problema, dejando el resto del proceso de solución a cargo de algún paquete de software para computación de fácil adquisición en el mercado.

El método de transporte no resuelve todas las facetas del problema de localización de instalaciones múltiples, sino que identifica solamente el **mejor patrón** de embarques entre las plantas y los almacenes para un conjunto determinado de emplazamientos con capacidad conocida. El analista debe ensayar diversas combinaciones de localización-capacidad y aplicar el método de transporte para encontrar la distribución óptima que corresponde a cada una. Los costos de distribución (costos variables de embarque y quizás los costos variables de producción) no son más que uno de los elementos importantes en la evaluación de una determinada combinación localización-asignación. Los costos de inversión y otros costos fijos también tienen que ser considerados junto con diversos factores cualitativos.

El análisis completo para la aplicación del método de transporte deberá ser realizado para cada una de las combinaciones localización-capacidad que parezcan posibles y razonables. En vista de la importancia de tomar una decisión, este esfuerzo adicional compensa plenamente sus propios costos.

El primer paso en la resolución de un problema de transporte consiste en representarlo a través de una matriz ordinaria, que a veces se la conoce como **tableau**. Los pasos fundamentales para establecer un tableau inicial son los siguientes:

1. Crear una fila que corresponda a cada planta (ya existente o nueva) que se esté considerando y crear una columna para cada almacén.
2. Agregar una columna para las capacidades de las plantas y una fila para las demandas de los almacenes, e insertar después sus valores numéricos específicos.
3. Cada celda que no se encuentre en la última fila de requisitos ni en la última columna de capacidad representa una ruta de embarque desde una planta hasta un almacén. Inserte los costos unitarios en la esquina superior derecha de cada una de esas celdas.

Planteamos a continuación el ejemplo de una compañía que está estudiando la posibilidad de comprar una nueva planta con capacidad de 400 unidades debido al auge último que han tenido sus negocios. Una posible localización para esa nueva planta sería en la ciudad de Río Cuarto, Córdoba.

El tableau de la figura 13.9 indica la capacidad de la planta, sus requisitos de almacén y los costos de embarque hacia cada uno de ellos. Así por ejemplo, el costo de transportar una unidad desde la planta existente en Santa Rosa, La Pampa hasta el almacén 1 es de \$5.00. Se supone que los costos aumentan linealmente con el tamaño del embarque; es decir, que el costo por unidad es el mismo, independientemente de la magnitud del embarque inicial.

| Planta | Almacén | | | Capacidad |
|----------------------|---------|-----|-----|------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Santa Rosa, La Pampa | 5.0 | 6.0 | 5.4 | 400 |
| Río Cuarto, Córdoba | 7.0 | 4.6 | 6.6 | 500 |
| Requisitos | 200 | 400 | 300 | 900 900 |

Figura 13.9

Tableau para la representación de un problema de transporte.

En el método de transporte, la suma de los embarques que aparecen en una fila debe ser igual a la capacidad de la planta correspondiente. Por ejemplo, en la figura, el total de los embarques enviados desde la planta de Río Cuarto hasta los almacenes 1, 2 y 3 debe ser de 500. En forma similar, la suma de los embarques a una columna dada debe ser igual a los requerimientos de demanda del almacén correspondiente. Así, los embarques remitidos al almacén 1 desde San Rosa y Río Cuarto deberán totalizar 200 unidades.

El método también requiere que la suma de las capacidades sea igual a la suma de las demandas, lo cual se cumple en el ejemplo con 900 unidades. En muchos problemas reales, la capacidad total puede ser mayor que los requisitos o viceversa; para ello, habrá que agregar plantas o almacenes ficticios al análisis. Si la capacidad excede a los requisitos por r unidades, agregamos una columna (un **almacén ficticio**) con una demanda de r unidades y hacemos que los costos de embarque en las nuevas celdas creadas de esta manera sea igual a \$0. Estos embarques no se realizan en realidad, por lo cual representan capacidad de planta no utilizada. En forma similar, si los requerimientos exceden a la capacidad por r unidades, agregamos una fila más (una **planta ficticia**) con capacidad de r unidades. Asignamos costos de embarque iguales a los costos faltantes de las nuevas celdas. Si estos últimos costos son desconocidos o su valor es el mismo para todos los almacenes, asignamos simplemente costos de embarque de \$0 por unidad a cada celda de la fila ficticia. La solución óptima no resultará afectada, porque el mismo faltante de r unidades se requiere en todos los casos. El hecho de agregar una planta ficticia o un almacén ficticio nos garantiza que la suma de todas las capacidades será igual a la suma de todas las demandas. Algunos paquetes de software los añaden automáticamente al introducirse los datos por parte del usuario.

Una vez que el tableau inicial ha quedado establecido, la solución se alcanza al rellenarlo para encontrar el patrón de asignación de menor costo que satisfaga las demandas de todos los almacenes y agote las capacidades de todas las plantas. Es probable que luego de esta primera solución, el analista arme un nuevo tableau, definiendo una nueva solución que tenga un costo total más bajo. Este proceso deberá continuar hasta que no sea posible mejorar la solución precedente, lo cual indicará que se ha encontrado la solución óptima. Si se utiliza un paquete de software de computación, lo único que se tendrá que hacer es introducir la información correspondiente al primer tableau.

Presentamos en la figura 13.10 la versión impresa de los datos de salida de una computadora correspondiente a la compañía de nuestro ejemplo.

Santa Rosa embarca 200 unidades al almacén 1 y 200 unidades al almacén 3, agotando su capacidad de 400 unidades. Río Cuarto embarca 400 unidades de su capacidad de 500 al almacén 2 y las 100 unidades restantes al almacén 3. Toda la demanda de los almacenes ha sido satisfecha: el almacén 1 fue plenamente abastecido por Santa Rosa y el almacén 2 lo fue por Río Cuarto. El almacén 3 recibe 200 unidades de Santa Rosa y 100 unidades de Río Cuarto, satisfaciéndose así su demanda de 300 unidades. El costo total de transporte es $200(\$5.0) + 200(\$5.4) + 400(\$4.6) + 100(\$6.6) = \$4.580$.



| Planta | Almacén | | | Capacidad |
|----------------------|---------|---------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Santa Rosa, La Pampa | 5.0 | 6.0 | 5.4 | 400 |
| | 200 | | 200 | |
| Río Cuarto, Córdoba | 7.0 | 4.6 | 6.6 | 500 |
| | | 400 | 100 | |
| Requisitos | 200 | 400 | 300 | 900 |
| Costos totales | \$1.000 | \$1.840 | \$1.740 | \$4.580 |

Figura 13.10

solución para el problema de transporte.

La solución óptima presentada en el ejemplo anterior no significa necesariamente que la mejor opción sea abrir una planta de Río Cuarto en la provincia de Córdoba. Sólo significa que el mejor patrón de asignación para las opciones actuales, representadas en las otras dos dimensiones de este problema de localización de múltiples instalaciones (es decir, una capacidad de 400 unidades en Santa Rosa y Río Cuarto, la localización elegida para la nueva planta), se traduce en **costos totales de transporte** de \$4.580. También es necesario considerar otros costos y varios factores cualitativos, como elementos adicionales de una evaluación completa. Por ejemplo, las ganancias anuales generadas por la expansión deben ser sopesadas con los costos correspondientes al predio y construcción de una nueva planta en Río Cuarto. Así, el analista podría utilizar el método de **matriz de preferencias** tomando en cuenta la totalidad de los factores de localización.

El analista también podría llegar a tener otras combinaciones de capacidad y localización. Una posibilidad consistiría, por ejemplo, en expandir la planta actual de Santa Rosa y construir otra planta más pequeña en Río Cuarto. También se podría optar por construir una nueva planta en otra localidad, o bien, se podrían construir varias plantas nuevas. El analista debe realizar un nuevo análisis para cada estrategia de ese tipo.

Otro procedimiento también utilizado es el **método simplex**, pero requiere mayor cantidad de datos de entrada. El problema de transporte es en realidad un caso especial de programación lineal, que puede representarse en un modelo con una variable de decisión para cada celda del tableau, una restricción para cada fila del tableau (con el requisito de que la capacidad de cada planta sea utilizada plenamente) y una restricción para cada columna del tableau (con el requisito de que la demanda de cada almacén sea satisfecha).

Lo importante es saber que cualquiera que sea el método utilizado, el número de embarques no iguales a cero en la solución óptima nunca será mayor que la suma del número de plantas y almacenes menos 1. En el caso de la compañía del ejemplo anterior, la empresa cuenta con 2 plantas y 3 almacenes, por lo cual no es necesario que haya más de cuatro (o sea, $3 + 2 - 1$) embarques en la solución óptima.

OTROS MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN

Muchos problemas sobre análisis de localización son todavía más complicados que los enumerados hasta aquí. Considere la complejidad con la que debe lidiar un fabricante de dimensiones medianas, cuando distribuye su producto a través de almacenes, o sea, centros de distribución, a diversos centros de demanda. El problema consiste en determinar el número, el tamaño, el patrón de asignación y la localización de los almacenes. Es factible que haya miles de centros de demanda, cientos de posibles localizaciones para los almacenes, varias plantas y múltiples líneas de productos. Las tasas de transporte dependen de la dirección del embarque, del producto, de la cantidad, de las tarifas y del área geográfica a abarcar.



Cuando una empresa cuenta con una red de instituciones que se relaciona entre sí, el analista puede identificar una solución práctica buscando patrones en los datos de costo, demanda y capacidad mediante cálculos por tanteos o métodos más formales de toma de decisiones. En la fotografía, coche de transporte público de pasajeros de larga distancia de la empresa El Rápido.

Frente a tal grado de complejidad, es necesario usar una computadora para realizar una evaluación completa; es por ello que para este propósito se han desarrollado tres tipos básicos de modelos de computación: los heurísticos, los de simulación y los de optimización.

Heurísticos. Las instrucciones de resolución o reglas empíricas que permiten encontrar soluciones factibles (aunque no necesariamente óptimas) para los problemas, se conocen como heurística. Entre sus ventajas figuran la eficiencia y la capacidad de manejar los aspectos generales de un problema. El procedimiento de búsqueda sistemática, utilizando el centro de gravedad de un área objetivo, tal como lo describimos anteriormente para resolver problemas de localización con una sola instalación, es un procedimiento heurístico típico. Uno de los primeros procedimientos heurísticos empleados en la resolución de problemas de localización con computadora fue puesto hace más de 40 años para manejar varios cientos de posibles localizaciones de almacenes y varios miles de centros de demanda. En la actualidad se dispone de muchos otros modelos heurísticos para analizar una gran variedad de situaciones.

Simulación. Se conoce como simulación a una técnica de modelado que reproduce el comportamiento de un sistema. La simulación permite manipular ciertas variables y muestra los efectos de esas manipulaciones sobre las características de operación elegidas. Los modelos de simulación permiten al analista evaluar diferentes alternativas de localización por medio de tanteos (ensayo y error). Del analista depende proponer las alternativas más razonables. La simulación maneja visiones más realistas de un problema y hace que el analista participe en el proceso mismo de resolución. Para cada intento, el analista indica qué instalaciones serán abiertas, mientras que el modelo simulador toma el común de las decisiones sobre asignación basándose en las suposiciones razonables que fueron incluidas previamente al desarrollar el programa de computación.

Optimización. El método de transporte fue uno de los primeros procedimientos de optimización ideados para resolver una parte (el patrón de asignación) de los problemas de localización con múltiples instalaciones. A diferencia del método heurístico y el de simulación, la optimización implica procedimientos para encontrar la mejor solución. Aún cuando este enfoque podría parecer preferible, tiene una limitación: los procedimientos de optimización utilizan generalmente visualizaciones simplificadas y menos realistas de los problemas. Sin embargo, los beneficios pueden ser sustanciales.



PUNTOS RELEVANTES

- La globalización de las operaciones afecta tanto a las industrias manufactureras como a las de servicios. Un número cada día mayor de instalaciones están siendo establecidas en otros países, y las ventas (e importaciones) externas se están incrementando. Los cuatro factores que aceleran la globalización son: el mejoramiento del transporte y las tecnologías de la comunicación, la apertura de los sistemas financieros, el incremento de la demanda de importaciones y la reducción de costos de importación y otras barreras al comercio. A las ventajas de las operaciones mundiales se oponen las diferencias en materia de idiomas, regulaciones y culturas, que generan nuevos problemas de administración.
- Las decisiones de localización dependen de muchos factores. Para una situación cualquiera, es posible descartar algunos por completo; a los restantes se les puede dividir en factores dominantes o críticos y secundarios.
- El ambiente laboral favorable, la proximidad a los mercados, la calidad de vida y la proximidad a otras instalaciones de la empresa son factores importantes para la mayoría de las decisiones sobre localización de plantas manufactureras. La proximidad a mercados, clientes o comunidades suele ser el factor más importante en las decisiones de localización cuando se trata de industrias de servicios. La competencia es un factor que complica las estimaciones del potencial de ventas de una localización. La presencia de instalaciones competidoras en las cercanías constituye una ventaja o una desventaja, según el tipo de empresa de que se trate.
- Una forma de evaluar los factores cualitativos consiste en calcular un puntaje ponderado para cada localización alternativa, aplicando el modelo de la matriz de preferencias. El método de carga-distancia reúne todos los intereses de proximidad (a mercados, proveedores, recursos y a otras instalaciones de la empresa) en las primeras etapas del análisis de localización. Cuando un analista realiza una búsqueda sobre patrón, o sea en toda la cuadrícula que cubre un área, consigue identificar localizaciones a las cuales corresponden puntajes *ld* más bajos. El centro de gravedad de un área es un buen punto de partida para realizar una búsqueda de este tipo. El análisis del punto de equilibrio puede ayudar a comparar alternativas de localización cuando los factores de la misma pueden definirse en términos de costos fijos y costos variables.
- Los problemas referentes a múltiples instalaciones tienen tres dimensiones: localización, asignación y capacidad. El método de transporte es una herramienta básica que nos ayuda a encontrar el mejor patrón de asignación para una combinación particular de opciones de localización-capacidad. Los costos de transporte se calculan nuevamente para cada combinación localización-capacidad que se desee considerar. El criterio único del método de transporte, para determinar el mejor patrón de embarques, consiste en buscar el costo de transporte mínimo. Para completar el estudio de localización, el análisis tiene que ampliarse a fin de incluir en él todo el conjunto de los factores de localización.
- El análisis de localización adquiere mayor complejidad cuando se trata de múltiples instalaciones. En el caso de los últimos tiempos se han desarrollado una gran variedad de modelos computarizados heurísticos, de simulación y de optimización, con el propósito de ayudar a los analistas a lidiar con toda esa complejidad.

TÉRMINOS CLAVE

- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| • Calidad de vida | • Localización de la instalación |
| • Centro de gravedad | • Masa crítica |
| • Distancia euclidiana | • Método de carga-distancia |
| • Distancia rectilínea | • Método de punto de equilibrio |
| • Factores de localización | • Método de transporte |
| • Globalización | • Optimización |
| • Heurística | • Simulación |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, D.R., Dennis, J.S. y Williams, T.A. *An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making*. St. Paul West. 1988.
- Barlett, C. y Sumantra, G. *Managing Across Borders*. Boston. Harvard Business School Press. 1989.
- Cook T.M. y Russell, R. A. *Introduction to Management Sciences*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall. 1991.
- Fitzsimmons, J.A. y Fitzsimmons, M.J. *Service Operations Management*. Nueva York. McGraw-Hill. 1998.
- Klassen, R.D, y Whybork, C. *Barriers to the Management of International Operations*. Journal of Operations Management, vol. 11, num. 4, pags. 385-396. 1994.
- Markland, R.E. y Sweigart, J.R. *Quantitative Methods Applications to Managerial Decision Making*. Nueva York. John Wiley & Sons. 1987.
- Porter, M.E. *The Competitive Advantage of Nations*. Harvard Business Review. Pags. 73-93. Marzo 1990.
- Schemenner, R.W. *Making Business Location Decisions*. Englewood Clifs. N.J. Prentice Hall. 1982.
- Sugura, H. *How Honda Localizes Its Global Strategy*. Sloan Management Review, pags. 77-82. Otoño de 1990.
- Taylor, B.W. III. *Introduction to Management Science*. Needham Heights, Mass. Ally & Bacon 1990.

